ZUM STUMPFEN THORAXTRAUMA BEI DER KATZE

Sibylle Meyer zu Erpen

Diss München
1984

Aus der Chirurgischen Tierklinik
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Dr. h.c. H. Schebitz

ZUM STUMPFEN THORAXTRAUMA BEI DER KATZE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Sibylle Meyer zu Erpen
aus
Werther

München 1984

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan:	Prof. Dr. W. Leidl
Referent:	Prof. Dr. Dr. h.c. H. Schebitz
Korreferent:	Prof. Dr. J. von Sandersleben

Tag der Promotion: 24. Februar 1984

Druck: Dissertationsdruck Novotny jr., 8135 Söcking/Starnberg

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	LITERATUR	2
2.1.	Klinische Symptomatik	3
2.2.	Radiologische Grundlagen zur Diagnostik	3
2.3.	Krankheitsbilder	8
2.3.1.	Pneumothorax	8
2.3.2.	Spannungspneumothorax	10
2.3.3.	Hämothorax	10
2.3.4.	Lungenkontusion	12
2.3.5.	Pneumomediastinum	14
2.3.6.	Hämomediastinum	16
2.3.7.	Hämoperikard	18
2.3.8.	Subkutanes Emphysem	18
2.3.9.	Rippenfraktur	20
2.4.	Therapie	25
3.	KASUISTIK	27
3.1.	Alter der Patienten	27
3.2.	Geschlechtsverteilung	27
3.3.	Ursachen	28
3.4.	Freier Fall, Verletzungsgrad, Aufprallenergie	29
3.5.	Art und Häufigkeit der Befunde	32
3.6.	Phreniko-vertebraler Winkel	34
3.7.	Zusätzliche Verletzungen	36
3.8.	Gestorbene und euthanasierte Patienten	36
3.9.	Resorptionsverlauf	37
3.10.	Therapie	38
4.	DISKUSSION	39
5.	ZUSAMMENFASSUNG	47
6.	SUMMARY	48
7.	BIBLIOGRAPHIE	50

1. EINLEITUNG

In den Jahren 1972 bis 1981 wurden 412 Katzen mit Verletzungen des Brustkorbes und der Organe im Brustraum nach stumpfer Gewalteinwirkung in der Chirurgischen Universitätstierklinik München vorgestellt.

Meine Aufgabe ist, das stumpfe Thoraxtrauma der Katze, seine Ursache, Symptome, Therapie und deren Ergebnisse zu beschreiben und auszuwerten.

2. LITERATUR

Die Häufigkeit von Thoraxverletzungen bei der Katze, verursacht durch stumpfe Gewalteinwirkung, ist unterschiedlich.

FUCHS (1978) fand bei 456 Katzen, die wegen einer Femurschaftfraktur vorgestellt wurden, 13 Tiere (2,8%) mit stumpfem Thoraxtrauma.

EULER (1979) stellte bei 252 Katzen mit Unterarmfrakturen eine Thoraxverletzung bei 12 Tieren (4,7%) fest. Ähnlich sind die Beobachtungen von LAND (1981) bei 348 Katzen mit Unterschenkelfrakturen- 33 Patienten (9,5%) - mit einer Brustkorb-Brustraum-Verletzung. Nahezu doppelt so hoch ist mit 18,8 % (26 Tiere) der Anteil dieser Verletzungen nach STAIMER (1980) bei 138 Tieren mit einer Humerusfraktur. KOLATA (1974, 1980) dagegen fand bei 129 Katzen, die wegen einer Verletzung vorgestellt wurden, das stumpfe Thoraxtrauma bei 58,2 % der Patienten wesentlich häufiger.

Als Ursachen der Verletzungen werden in der Reihenfolge der Häufigkeit ein Sturz aus größerer Höhe, ein Verkehrsunfall und andere wie Tritt, Schlag und nicht perforierende Bißverletzungen angegeben. Nicht selten fehlen Angaben zur Ursache. Als Folgen der Gewalteinwirkung werden Pneumo-, Hämo-, sowie Pneumohämothorax und Rippenfraktur(en) genannt.

Sieht man von diesen Angaben ab, werden in der Literatur nur wenige Hinweise zum stumpfen Thoraxtrauma der Katze gegeben. Meist werden die beim Hund erhobenen Befunde, Therapiemaßnahmen und deren Ergebnisse für die Katze übernommen (WALKER 1959; DOUGLAS, WILLIAMSON 1970; ROENIGK 1971; STEAD 1972; SUTER, LORD 1972; ARCHIBALD et al. 1973; BUTLER 1975; KRAHWINKEL 1977; JAUREGUI 1977; LAVELLE 1978; MYER 1978, 1980; LIPPINCOTT 1978; TEUNISSEN 1978; CLERC, LEGEAY 1978; KEALY 1979; KAGAN 1980; SPENCER, ACKERMANN 1980; BOJRAB 1981; SCHEBITZ et al. 1983).

In der folgenden Übersicht soll ganz allgemein das Krankheits-

bild nach stumpfem Thoraxtrauma, seine Entstehung, Diagnose und Behandlung dargestellt werden.

2.1. Klinische Symptomatik

Als klinisch wegweisende Symptome des stumpfen Thoraxtraumas gelten Atemnot, beschleunigte Atmung, verminderte oder einseitig aufgehobene Atemexkursion. Die Tiere sitzen mit breitgestellten Vordergliedmaßen. Die Atemnot wird durch geringe körperliche Belastung z.B. die Untersuchung verstärkt.

Eine Verletzung des knöchernen Brustkorbes kann durch schmerzhafte Atembewegungen und/oder Veränderung der Symmetrie der Atemexkursion - instabiler Thorax - gekennzeichnet sein. Knistern bei der Palpation an Hals und Brustkorb kann als Zeichen des subkutanen Emphysems Ausdruck eines Pneumomediastinums sein. Bei Ansammlung von Luft im Thorax ist ein hypersonorer Klopfschall beschrieben und bei einer Blutung eine Dämpfung. Die sichtbaren Schleimhäute sind nicht selten zyanotisch, bei einer Blutung anämisch.

Sich dramatisch verstärkende Atemnot, venöse Einflußstauung, Blähung einer Brustkorbseite (Thoraxasymmetrie) und zunehmende Schocksymptomatik mit respiratorischer und kardialer Insuffizienz werden als Kennzeichen der lebensbedrohlichen Situation beim Spannungspneumothorax genannt.

2.2. Radiologische Grundlagen zur Diagnostik

Im Hinblick auf die Diagnose hat die röntgenologische Untersuchung vorrangige Bedeutung. Röntgentechnik und Interpretation der Aufnahmen sind von FELSON et al. (1970), KEALY (1981), DOUGLAS and WILLIAMSON (1970), SCHEBITZ und WILKENS (1977), LAVELLE (1978), CARLISLE und THRALL (1982), SCHEBITZ et al. (1983) beschrieben.

1. Röntgentechnik: Es sollten je eine Aufnahme bei laterolateralem Strahlengang und eine Aufnahme bei dorso-ventralem

Strahlengang angefertigt werden.
Die Aufnahme bei latero-lateralem Strahlengang sollte wegen der Lage des Herzens mit links anliegender Kassette angefertigt werden (SCHEBITZ und WILKENS 1977). Der Zentralstrahl sollte senkrecht auf die 5. Rippe eingestellt werden und senkrecht auf die Kassette fallen.

Die Aufnahme bei dorso-ventralem Strahlengang sollte in Bauchlage angefertigt werden, weil dabei besser belüftete Lungenbezirke oben liegen. Die Medianebene steht senkrecht zur Kassette, die Brustwirbelsäule liegt senkrecht über dem Sternum. Der Zentralstrahl trifft den 6. Brustwirbel und fällt im rechten Winkel auf die Kassette.

Um Aufnahmen vergleichen zu können, empfehlen SILVERMAN und SUTER (1975) und CLERC und LEGEAY (1978), den Belichtungszeitpunkt möglichst im Inspirationsmaximum zu wählen. Der Thorax ist weit, die Thoraxorgane und Abweichungen vom physiologischen Befund sind besser erkennbar.

2. Auswertung des Röntgenbildes: Das Röntgenbild sollte systematisch betrachtet werden. Folgendes Vorgehen hat sich bewährt:

a) Bestimmung der Respirationsphase (Abb. 1 + 2)
b) periphere Weichteilveränderungen
c) Weichteilveränderungen im Brustraum
d) Skelettalterationen

Zu a):

Die Respirationsphase wird im Röntgenbild durch die Stellung der Rippen und des Zwerchfells bestimmt. In Inspiration liegen die Rippen etwas weiter kranial, das Lungengewebe befindet sich zwischen Herzschatten und Zwerchfell. In der Exspiration sind die Rippen kaudal gerichtet. Zwischen Herzschatten und Diaphragma befindet sich kein Lungengewebe, Herzschatten und Diaphragma grenzen direkt aneinander.

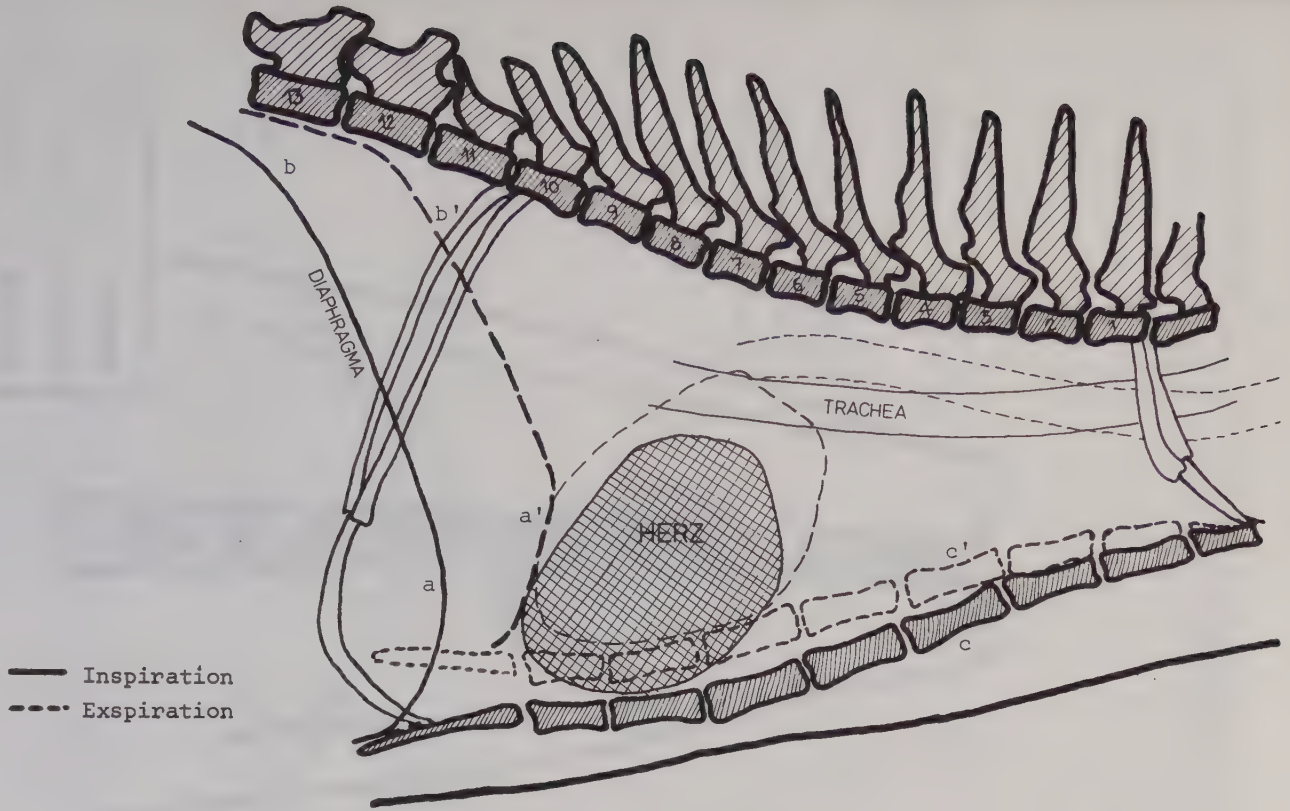
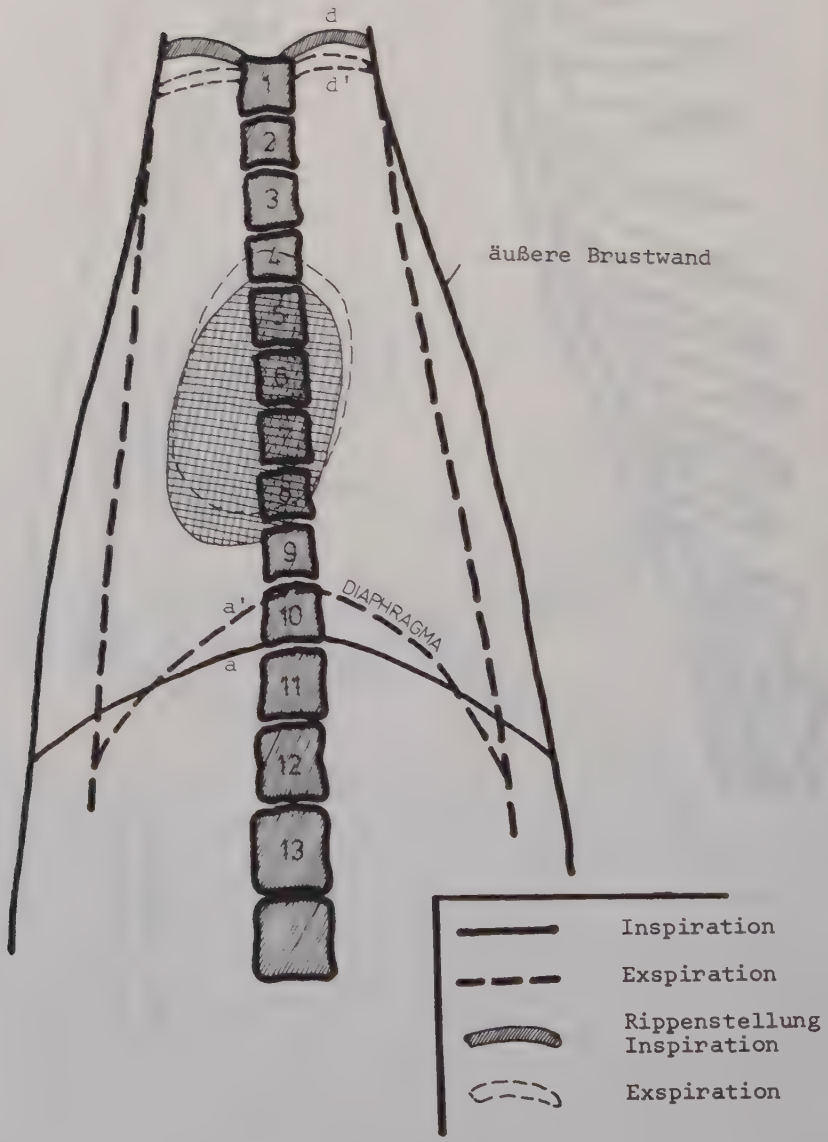


Abb. 1: Inspiration und Exspiration bei latero-lateralem Strahlengang

Abb. 2: Inspiration und Exspiration bei dorso-ventralem Strahlengang



Lage- und Formveränderungen von Thoraxorganen bei In- bzw. Exspiration sind in den Abbildungen Nr.1 und Nr.2 graphisch nach Röntgenaufnahmen bei latero-lateralem Strahlengang (Abb.1) und bei dorso-ventralem Strahlengang (Abb. 2) dargestellt.

Inspiration	Exspiration
a Abflachung und Kaudalverlagerung des Diaphragmas	a' Vorwölbung und Kranialverlagerung des Diaphragmas
b Verschiebung des phreniko-vertebralen Winkels nach kaudal	b' Verschiebung des phreniko-vertebralen Winkels nach kranial
c Absenkung des Sternums mit Lageveränderung von Herz und Trachea	c' Anhebung des Sternums mit Lageveränderung von Herz und Trachea
d Lage der Rippen kranial	d' Lage der Rippen kaudal

Zu b):

Periphere, röntgenologisch sichtbare Weichteilveränderungen sind subkutane und intermuskuläre Aufhellungen, die als subkutanes bzw. intermuskuläres Emphysem bezeichnet werden.

Zu c):

Im Brustraum können Weichteilveränderungen als Pneumothorax, Hämothorax, Lungenkontusion, Pneumomediastinum, Hämomediastinum und Hämoperikard an typischen röntgenologisch nachweisbaren Zeichen diagnostiziert werden.

Zu d):

Verletzungen des Thoraxskeletts sind röntgenologisch meist gut erkennbar als Fraktur oder Luxation.

2.3. Krankheitsbilder

2.3.1. Pneumothorax

Definition: Beim Pneumothorax dringt Luft in den Pleuraraum, damit liegt ein Verlust des im Pleuraspalt herrschenden Unterdrucks mit partiellem oder totalem Lungenkollaps durch Druckausgleich mit der Außenluft vor.

Entstehung: Folgende Verletzungsmechanismen erklären die Entstehung (Abb. 3):

1) Lungenparenchymverletzung: Ein Aufprall bei reflektorisch geschlossener Glottis erhöht den intrapulmonalen und den intrathorakalen Druck. Bleibt die Glottis im Aufprall geöffnet, wird der Thorax komprimiert und Luft ausgeatmet. Die Eigenelastizität des Thorax erweitert danach die Brusthöhle wieder. Das betroffene Lungengewebe kann der schnellen Druckschwankung nicht standhalten. Alveolen und Bronchien in den betreffenden Lungenbezirken platzen.

2) Bronchienabriß: Durch unterschiedliche Dichte der Bronchien, Bronchiolen und Gefäße ist bei Akzeleration und Verlangsamung die Trägheit der Masse dieser Strukturen verschieden groß. Beim Aufprall entstehen Scher- und Zugkräfte, dadurch können die Bronchiolen und Bronchien abreißen.

3) Brustwandverletzung: Über eine perforierende Brustwandverletzung dringt Luft von außen in den Pleuraraum.

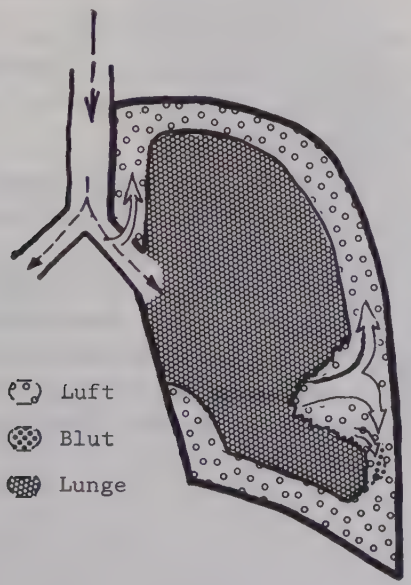
Folgen: Zum Druckausgleich strömt Luft in den Pleuraraum. Die Lunge kollabiert wegen der Eigenelastizität des Parenchyms und der Oberflächenspannung des Flüssigkeitfilms in den Alveolen. Dadurch wird die respiratorische Oberfläche verkleinert.

Im atelektatischen Bezirk tritt eine Blutumverteilung ein. Venöses Blut fließt in die Arterien des großen Kreislaufs, da keine O_2-Sättigung mehr stattfindet. Zur Kompensation erweitert sich der Brustkorb, bis im Pleuraraum wieder ein Unterdruck herrscht. Die Vitalkapazität der Lunge sinkt um das

erweiterte Volumen des Brustkorbes. Ein weiterer röntgenologischer Befund beim Pneumothorax ist die Lage bzw. Verschiebung des phreniko-vertebralen Winkels (SCHEBITZ, BRUNNBERG, GUTBROD 1983). Der phreniko-vertebrale Winkel wird vom Diaphragma und der Wirbelsäule gebildet. Der Schnittpunkt des phreniko-vertebralen Winkels verlagert sich beim Pneumothorax nach kaudal. Mit der Verlagerung des Schnittpunktes hinter den 13. Brustwirbel steigt die Mortalitätsrate beim Hund.

Röntgenleitsymptome: Kollabierte Lungenflügel stellen sich deutlich dar und sind von einer gasdichten Aufhellungszone umgeben. Im Lungengewebe selbst können wegen der erhöhten Dichte Gefäße nicht mehr unterschieden werden. In der Röntgenaufnahme (latero-lateraler Strahlengang, am liegenden Patienten) liegt das Herz nicht mehr auf dem Sternum. Es sinkt durch den Verlust des intrapleuralen Vakuums an der Wölbung der Brustwand ab. In der Aufnahme am stehenden Tier (latero-lateraler Strahlengang) ist das Herz in physiologischer Lage. Die freie Luft sammelt sich im dorsalen Thoraxbereich. Die Interkostalräume sind durch die kompensatorische Erweiterung des Brustkorbes breiter (Tab.1).

Abb. 3: Pneumothorax



2.3.2. Spannungspneumothorax

Definition: Verlust des im Pleuraspalt herrschenden Unterdrucks mit totalem Lungenkollaps durch einen Überdruck im Pleuraraum.

Entstehung: Besteht im Verletzungsbereich ein Ventilmechanismus, strömt Luft bei Inspiration in die Pleurahöhle, ohne bei Exspiration entweichen zu können. Der Druck im Thorax ist höher als der atmosphärische Druck.

Folgen: Folge dieses Überdrucks ist die Kompression der Hohlvenen, der Arterien und des Herzens, rasante Kreislaufverschlechterung, Anstieg des Venendrucks, Abfall des systolischen Drucks.

Röntgenleitsymptome: Zeichen des Pneumothorax, Asymmetrie des Brustkorbes (Erweiterung der erkrankten Seite) (dorso-ventraler Strahlengang), Verlagerung der Lunge, des Herzens und des Mediastinums zur gesunden Seite (dorso-ventraler Strahlengang), Zwerchfelltiefstand (dorso-ventraler Strahlengang).

2.3.3. Hämothorax

Definition: Beim Hämothorax gelangt Blut in den Pleuraraum, damit liegt ein Verlust des im Pleuraspalt herrschenden Unterdrucks mit partiellem oder totalem Lungenkollaps durch eine intrathorakale Blutung vor.

Entstehung: Die Blutung kann drei Ursachen haben: Durch eine Verletzung des Lungenparenchyms entsteht eine kapilläre Sickerblutung. Eine stärkere Blutung entsteht bei einer Verletzung in Hilusnähe wegen der meist mitverletzten Arteriae et Venae bronchioli et bronchii. Durch eine Rippenfraktur werden Interkostalgefäße nicht selten mitverletzt. Wird die Pleura parietalis dabei zerrissen, fließt das Blut in den Pleuraraum. Große intrathorakale Gefäße rupturieren durch

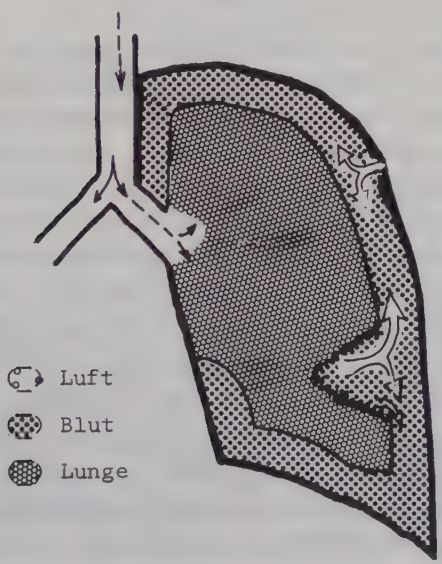
die Trägheit der Masse in der Phase der Abbremsung beim Aufprall (Abb. 4).

Folgen: Eine Parenchymblutung kommt durch Tamponade meist zum Stehen. Der intrathorakale Bluterguß komprimiert die Lunge. Es entsteht wie beim Pneumothorax eine respiratorische und hämodynamische Insuffizienz. Nach Ruptur großer Gefäße verblutet der Patient in kürzester Zeit.

Röntgenleitsymptome: Die Flüssigkeit drängt die Lunge von der Thoraxwand ab - im Röntgenbild (dorso-ventraler Strahlengang) als streifenförmiger Schatten sichtbar, parallel zur Brustwand verlaufend.

Interlobärspalten weiten sich durch eindringendes Blut - im Röntgenbild (dorso-ventraler Strahlengang) als schräg ver-

Abb. 4: Hämothorax



laufende streifenförmige Verschattungen zu erkennen. Bei ausgeprägtem Hämothorax erscheint der kosto-phrenische Winkel durch eine konkave Verschattung abgerundet (dorso-ventraler Strahlengang). Im latero-lateralen Strahlengang erkennt man den Hämothorax an den ventral in jedem Zwischenrippenraum aufsteigenden, keilförmigen und oft konkav endenden Verschattungen.
Bei gleichzeitigem Bestehen eines Pneumothorax und eines massiven Hämothorax erkennt man im Röntgenbild (latero-lateraler Strahlengang, stehendes Tier) eine horizontal begrenzte Verschattung (Blut) mit darüber liegender Aufhellungszone (Luft). Es besteht ein Flüssigkeitsspiegel (Tab. 1).

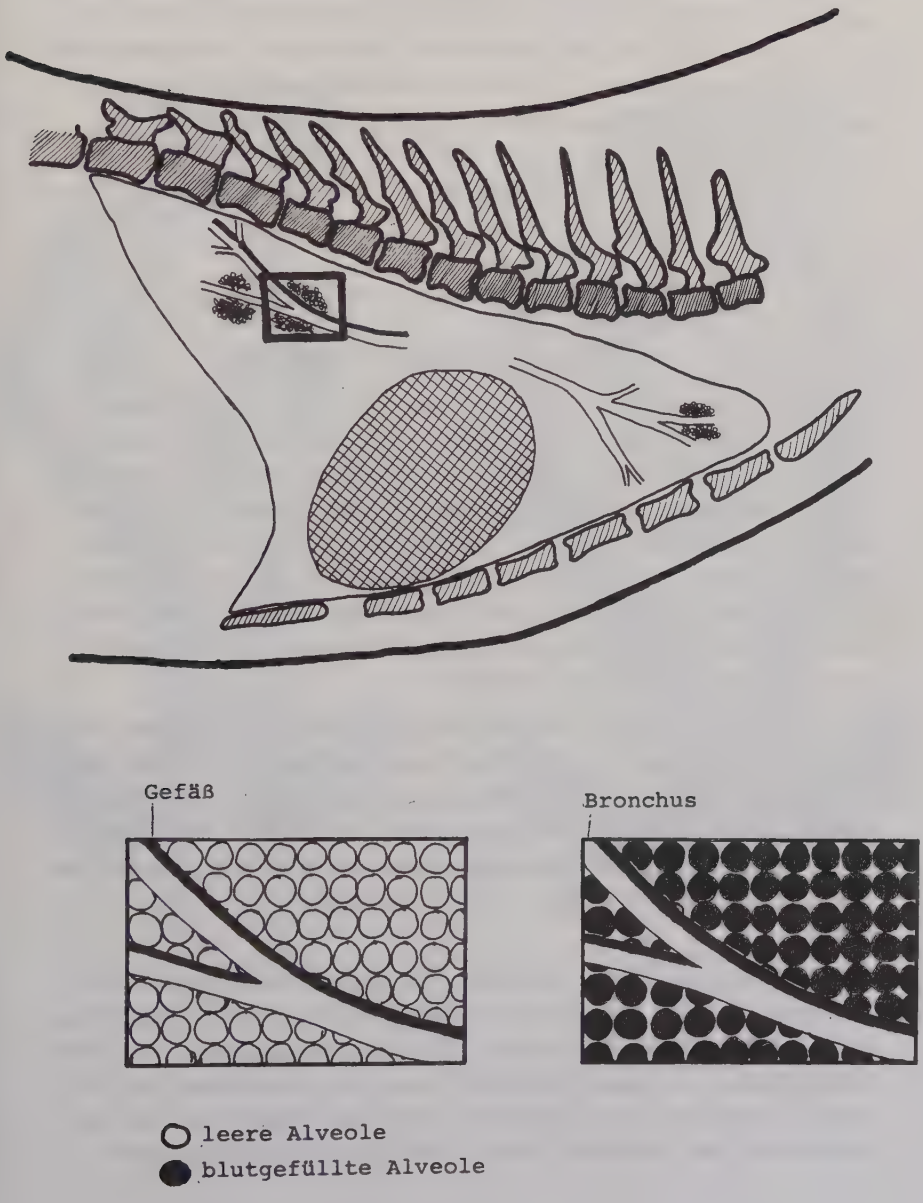
2.3.4. Lungenkontusion

Definition: Die Lungenkontusion ist eine morphologische Schädigung (Zerreißung) von Alveolen und Kapillaren nach Verletzung und Quetschung des Lungenparenchyms.

Entstehung: Durch stumpfe Gewalt direkt gegen die Brustwand wird das Lungengewebe auf der Seite der Gewalteinwirkung und/oder auf der gegenüberliegenden Seite infolge des Rückstoßprinzips (Contre-coup-Effekt) gequetscht. Bei Kompression wird der intrathorakale und intrapulmonale Druck plötzlich erhöht. Blutung und Austritt seröser Flüssigkeit sind die Folgen. In der Dekompressionsphase wird das Lungengewebe überdehnt, Alveolen und Interstitium zerreißen (Abb. 5).

Folgen: Blut fließt in Alveolen und Interstitium. Die Flüssigkeitsansammlung in den Alveolen verlängert den Diffusionsweg und erschwert den Gasaustausch. Die resultierende Hypoxie führt zur gesteigerten Permeabilität der Gefäßwand und damit zum weiteren Flüssigkeitsaustritt. Bronchospasmus und gesteigerte Sekretion der Bronchialschleimhaut sind weitere Folgen. Pneumonie, Senkung der Ventilationskapazität und fibrotische Verdichtungen des Lungengewebes sind als Komplikationen zu erwarten, wenn das Exsudat nicht frühzeitig resorbiert wird.

Abb. 5: Lungenkontusion



Röntgenleitsymptome: Ein Kontusionsherd ist als fleckenförmige, inhomogene, unscharf begrenzte Verschattung zu erkennen. Einzelne Verschattungen können konfluieren. An den Lappengrenzen sind die Verschattungen konturiert. Gefäßschatten sind im Röntgenbild nicht mehr erkennbar, da im Kontusionsbezirk Gefäße und Parenchym die gleiche Dichte aufweisen. Bronchioli und Bronchien stellen sich dagegen als Aufhellung dar. Dies ist das charakteristische Zeichen eines Pneumobronchogramms (Abb. 5), (Tab. 1).

2.3.5. Pneumomediastinum

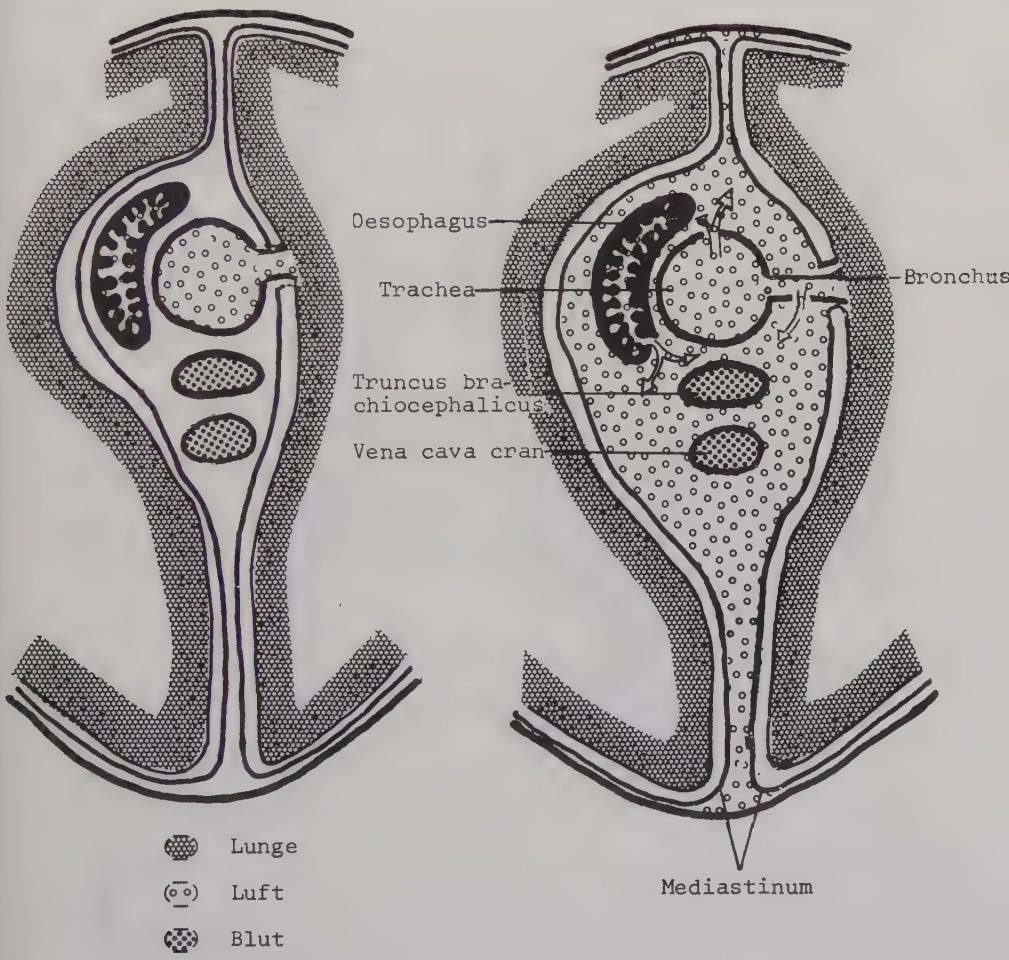
Definition: Luft sammelt sich im Mediastinum an.

Entstehung: Luft dringt über eine Verletzung der Trachea, eines Bronchus oder des Lungenparenchyms bei unverletzter Pleura pulmonalis oder der Pars thoracica des Ösophagus in den Mediastinalraum ein. Über eine Tracheaverletzung dringt Respirationsluft direkt in das Spatium mediastini, bei Verletzung eines Bronchus und/oder der Lunge bei unverletzter Pleura pulmonalis gelangt die Luft subpleural ins Mediastinum. Die Luft kann auch über eine Wunde der Speiseröhre in den Mittelfellraum dringen (Abb. 6).

Folgen: Aus einem Pneumomediastinum kann die Luft über Spalten im Mediastinum in den Pleuraraum gelangen. Es entwickelt sich ein Pneumothorax. Bei starker Luftansammlung im Mediastinum dringt Luft über die Apertura thoracica intramuskulär, subfasziell und subkutan in den Bereich des Halses oder über den Hiatus oesophageus in den Retroperitonealraum des Abdomens.

Röntgenleitsymptome: Durch die im Mediastinalraum befindliche freie Luft werden die im Röntgenbild physiologisch nicht sichtbaren Mediastinalorgane, da von Luft umgeben, als Verschattungen sichtbar. Erkennbar sind der thorakale Teil der Aorta, Vena cava cranialis und caudalis, Ösophagus und die Außenseite der Trachea. Streifenförmige Aufhellungszonen im

Abb. 6: Pneumomediastinum -
Entstehung schematisch



Halsbereich sind Zeichen des subkutanen und/oder interstitiellen Emphysems (Tab.1).

2.3.6. Hämomediastinum

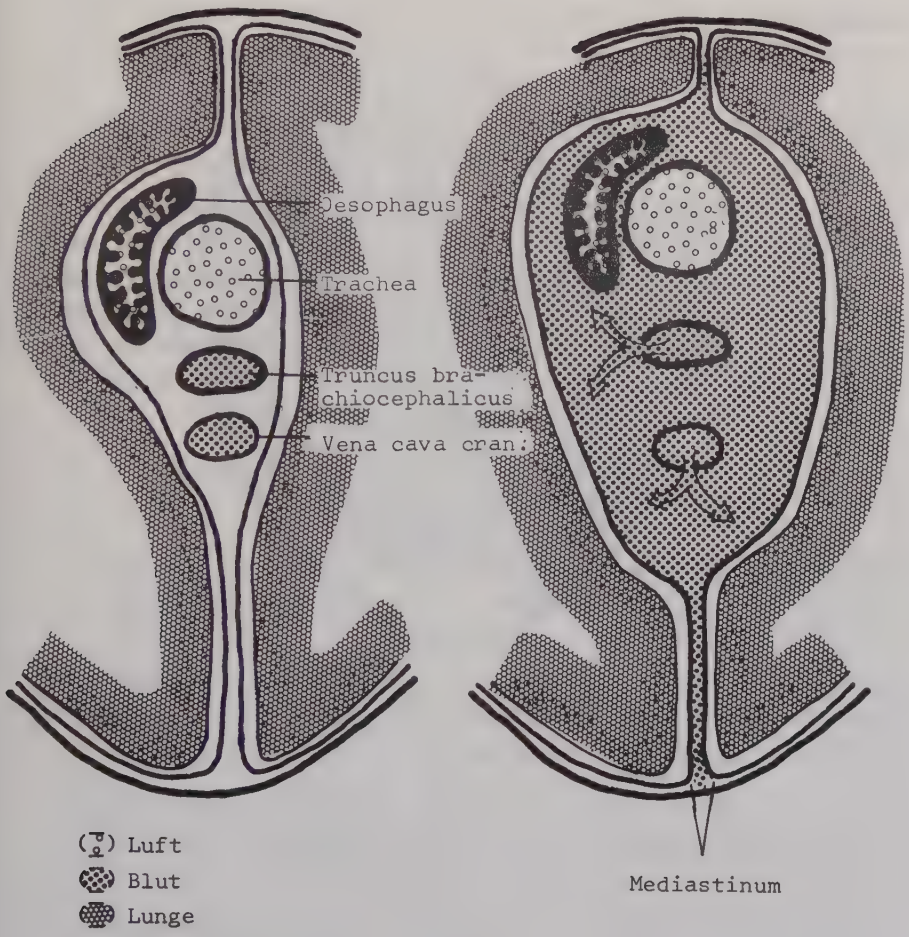
Definition: Blut sammelt sich im Mediastinum an.

Entstehung: Durch eine Verletzung der im Mediastinalspalt verlaufenden Gefäße oder durch eine Ruptur eines Bronchialgefäßes bei unversehrter Pleura pulmonalis kann das Blut in das Mediastinum fließen (Abb. 7).

Folgen: Kleinere Blutungen kommen durch Tamponade zum Stehen. Blutungen aus großen Gefäßen weiten den Mediastinalspalt bis zur Ruptur des Mediastinums. Hämothorax und Herz-Kreislauf-Versagen sind die Folgen.

Röntgenleitsymptome: Ein bei latero-lateralem Strahlengang angefertigtes Röntgenbild läßt im Bereich des Mediastinums eine Verschattung erkennen. Aorta und Vena cava caudalis sind in der homogenen Verschattung nicht mehr zu differenzieren. Der Mediastinalschatten ist in der Aufnahme bei dorso-ventralem Strahlengang verbreitert (Tab. 1).

Abb. 7: Hämomediastinum - Entstehung schematisch



2.3.7. Hämoperikard

Definition: Beim Hämoperikard sammelt sich Blut im Herzbeutel.

Entstehung: Das Blut entstammt einer Ruptur eines Koronargefäßes, einer Epikardverletzung, einer Myokardläsion oder einer Verletzung einer Herzvorkammer (Abb. 8).

Folgen: Herzstillstand folgt der Herztamponade mit zunehmender Druckerhöhung und Abknickung der Venae cavae.

Röntgenleitsymptome: Der Herzschatten ist vergrößert und kugelförmig abgerundet (Tab. 1). Aktionsphasen des Herzens sind bei funktioneller Röntgenuntersuchung - Durchleuchten mit dem Bildverstärker - nicht zu unterscheiden. Die Herzbewegung ist durch die Verschattung, verursacht durch die umgebende Flüssigkeit, überlagert. Im Bildverstärker sieht man nur ein Flimmern im Bereich des Herzschattens (POBISCH 1971).

2.3.8. Subkutanes Emphysem

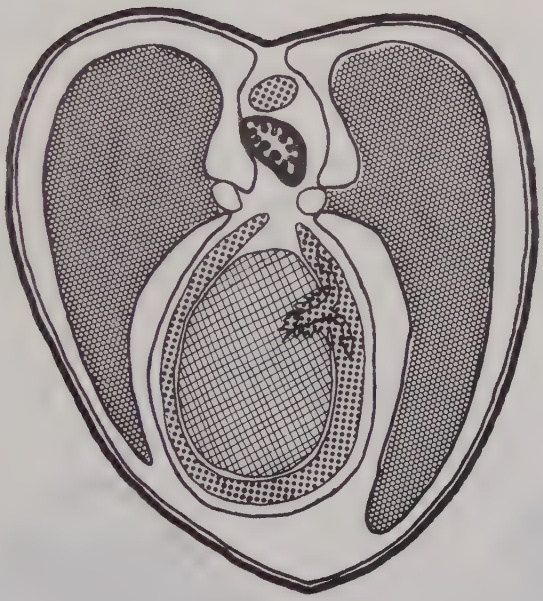
Definition: Das subkutane Emphysem ist eine mehr oder minder ausgeprägte Luftansammlung in der Unterhaut als Folge verschiedener Ursachen.

Entstehung: Aus der Lokalisation des Emphysems unmittelbar nach dem Unfall, d.h. vor Ausdehnung, können Anhaltspunkte für seinen Ursprung gewonnen werden.

Hautwunde: Über eine perforierende Hautwunde dringt bei Bewegung infolge Sogwirkung Luft in die Unterhaut. Das Emphysem bleibt meist auf den Wundbereich begrenzt.

Rippenfraktur mit Lungenverletzung: Ein auf einer Thoraxseite beginnendes Emphysem ist durch eine Rippenfraktur mit Verletzung der parietalen wie auch der viszeralen Pleura verursacht. Die Luft dringt von innen in die Unterhaut. Das Emphysem ist meist auf den Frakturbereich begrenzt.

Abb. 8: Hämoperikard



Querschnitt durch den Thorax

Lunge

Blut

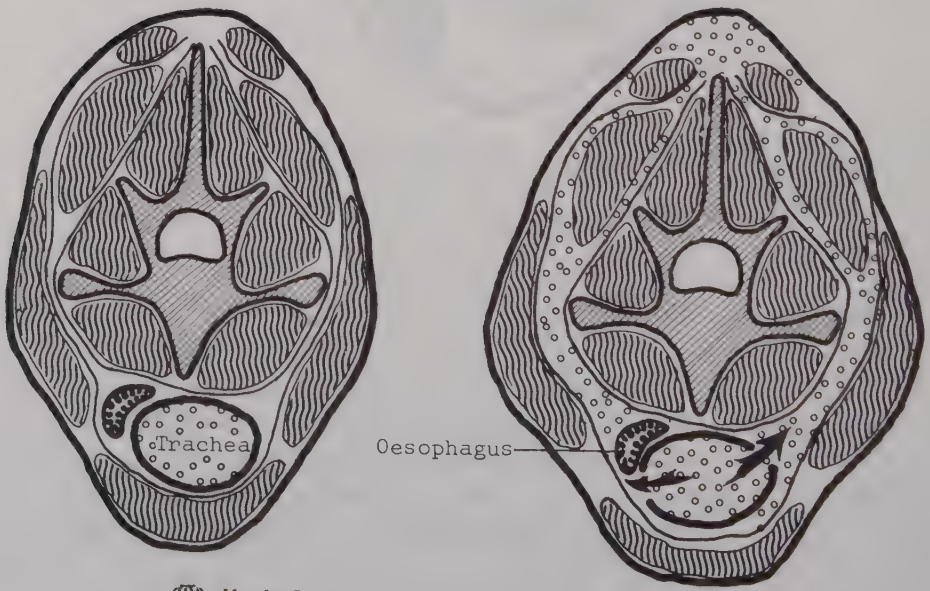
Herz

Tracheaverletzung: Über eine Tracheawunde strömt bei der Atmung Luft in die Unterhaut. Anfänglich ist das Emphysem auf den Wundbereich am Hals begrenzt, kann sich aber rasch über den gesamten Körper ausdehnen. Entlang der Trachea kann die Luft bis ins Mediastinum vordringen. Es entsteht ein Pneumomediastinum (Abb. 9).

Pneumomediastinum: Luft dringt aus einem Pneumomediastinum entlang der Trachea, dem Ösophagus und der Fascia intermuscularis an der Apertura thoracica zunächst kopfwärts in die Unterhaut vor (Abb.9).

Röntgenleitsymptome: Der subkutane Raum ist unter Aufhellung stark verbreitert. Nach Entstehung des subkutanen Emphysems aus einem Pneumomediastinum ist neben den Aufhellungen um die Mediastinalorgane eine intermuskuläre Gasansammlung im Bereich des Halses sichtbar (Tab.1).

Abb. 9: Subkutanes Emphysem - Entstehung schematisch

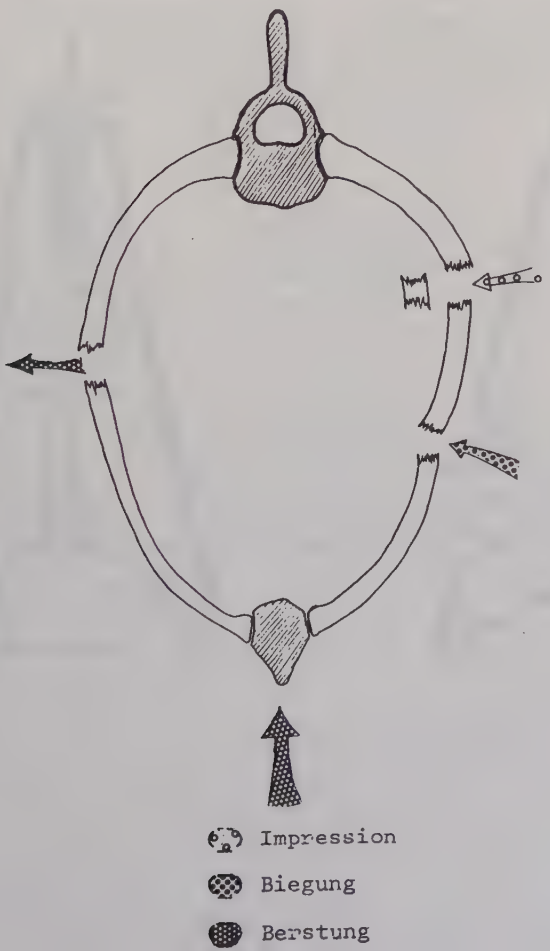


2.3.9. Rippenfraktur

Definition: Die Rippenfraktur ist eine traumatisch bedingte Zusammenhangstrennung einer Rippe.

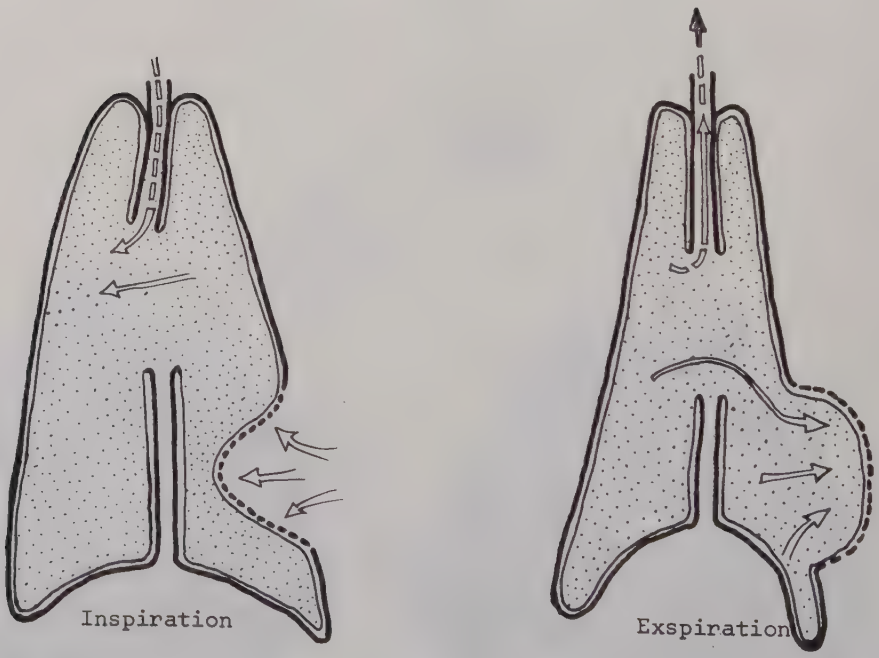
Entstehung: Rippenfrakturen werden durch direkte oder indirekte Gewalteinwirkung verursacht. Bei direkter Gewalteinwirkung entstehen Impressions- und Biegungsfrakturen am Ort der Krafteinwirkung (Abb. 10). Bei indirekter Gewalteinwirkung (z.B. dorso-ventrale Kompression nach Sturz aus großer Höhe) treten Berstungsfrakturen auf (Abb. 10).

Abb. 10: Rippenfraktur



Folgen: Bei starker Dislokation der Frakturenden werden durch entsprechende Weichteilverletzungen Pneumothorax und/ oder Hämothorax verursacht. Eine seltene Komplikation ist der *instabile Thorax:* Rippenmehrfachfrakturen lassen ein frei bewegliches Thoraxwandsegment entstehen. Das instabile Segment bewegt sich bei der Erweiterung des Brustkorbes (Inspiration) nach innen und bei Verengung des Brustkorbes (Exspiration) nach außen - eine paradoxe Atmung mit konsekutiver, respiratorischer Insuffizienz (Abb. 11).

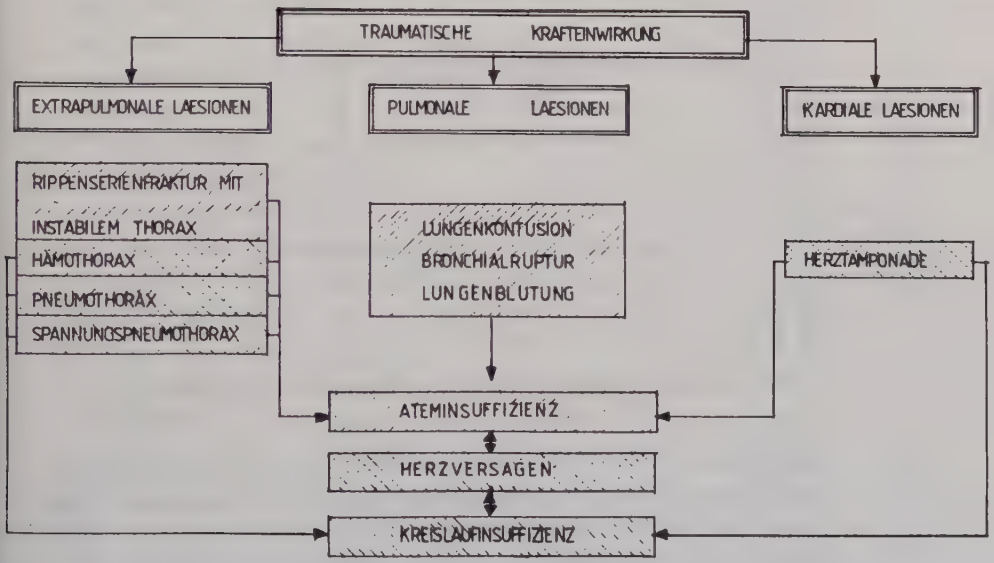
Abb. 11: Instabiler Thorax



Die sich aus der Verletzung ergebenden klinischen Folgen für Atmung und Kreislauf nach Literaturangaben sind in Abbildung 12 schematisch aufgezeichnet.

Die Röntgenleitsymptome der Verletzungen nach stumpfem Thoraxtrauma sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Abb. 12: Klinische Folgen nach stumpfem Thoraxtrauma



Tab. 1: Thoraxverletzungen und ihre Röntgenleitsymptome nach Literaturangaben

Leitsymptom / Verletzung	Pneumothorax	Hämothorax	Pneumomediast.	Medistinalverbreiterung	inhomogene Lungenverschattung	subkutanes Emphysem
Rippenfraktur	o	o				o
Lungenkontusion					●	
Parenchymruptur	o	o	o			o
Trachearuptur	o		●			o
Bronchusruptur			o			o
Interkostalgefäßruptur		●				
Aortenruptur		o		●		
Hohlvenenruptur		o		●		
Hämoperikard				●		

● sicherer Röntgenbefund

o möglicher Röntgenbefund

2.4. Therapie

Übereinstimmend wird berichtet, daß zur Behebung der Dyspnoe vor allem gewaltsame Manipulationen bei der Untersuchung vermieden werden sollten. Durch die Erregung des Patienten wird die respiratorische Insuffizienz verstärkt. Zur Steigerung des Sauerstoffpartialdrucks im Blut sollte der Patient mit reinem Sauerstoff beatmet oder in einem Sauerstoffzelt (-box) untergebracht werden. Neben allgemeinen Therapiemaßnahmen werden, abhängig vom Krankheitsbefund, weitere Behandlungsverfahren angegeben.

Thoraxdrainage: LIPPINCOTT (1978), WALKER (1958) und JAUREGUI (1977) empfehlen die Thoraxdrainage, weil sich damit die respiratorische und hämodynamische Insuffizienz schnell aufheben läßt und zu erwartende Verklebungen und Elastizitätsverluste der Lunge vermieden werden. Bei entfalteter Lunge kann sich die Atemtätigkeit normalisieren. KAGAN (1980) hält die Thoraxdrainage nur in ausgeprägten, mit hochgradiger Dyspnoe einhergehenden Fällen von Hämothorax oder Hämopneumothorax für gerechtfertigt. SCHEBITZ et al. (1983) führen beim Hund die Thoraxdrainage bei Vorliegen einer lebensbedrohlichen Situation, feststellbar an der Kaudalverlagerung des phreniko-vertebralen Winkels hinter dem 13. Brustwirbel, durch. Dabei erfolgt das Absaugen langsam und kontrolliert.

Thorakotomie: Kommt es bei konservativ abwartendem Vorgehen bzw. nach Thoraxdrainage zu keiner Besserung des Befindens oder zu einer Wiederverschlechterung, sollte eine Thorakotomie durchgeführt werden. Verletzte Bronchien sollten genäht, blutende Gefäße ligiert, gegebenenfalls eine Lobektomie durchgeführt werden (JAUREGUI 1977).

Brustverband: Die schmerzhafte Atemexkursion nach Rippenfraktur - instabiler Thorax - sollte mit einem Brustverband eingeschränkt werden.

Beim subkutanen Emphysem kann durch den Brustverband die Austrittsstelle der Luft im Brustwandbereich mit der darüberliegenden Haut verkleben, eine weitere Ausbreitung des subkutanen Emphysems wird verhindert. Durch den Brustverband wird allerdings der Brustkorb komprimiert, und damit werden die Thoraxbewegungen eingeschränkt (BRASMER 1981).

Bei erheblicher Dislokation der Rippenfragmente oder instabilem Thoraxwandsegment sollte die Fraktur operativ versorgt werden, sei es durch eine stabile Osteosynthese (KRAHWINKEL 1977, TICER, BROWN 1978) oder durch Adaptation mit Drahtnaht (TEUNISSEN 1978).

3. KASUISTIK

Bei 412 Katzen, die in die Chirurgische Universitätstierklinik München in zehn Jahren (1972-1981) eingeliefert wurden, wurde ein stumpfes Thoraxtrauma diagnostiziert.

3.1. Alter der Patienten

Ca. 41 % der Katzen waren jünger als ein Jahr, 27 % im Alter bis zu 6 Monaten und nur 20 % zwei Jahre und älter. Bei 13 % fehlen Angaben zum Alter.

Tab. 2: Altersverteilung der Katzen mit stumpfem Thoraxtrauma

Alter	Anzahl n	%	%
1 - 6 Monate	110	26,7	40,8
7 - 12 Monate	58	14,1	
1 - 2 Jahre	107	26,0	26,0
2 - 3 Jahre	54	13,1	19,9
4 - 5 Jahre	18	4,4	
über 5 Jahre	10	2,4	
unbekannt	55	13,4	13,4
Summe	412	100	100

3.2. Geschlechtsverteilung (Tabelle 3)

Männliche Katzen waren um 10% häufiger als weibliche Tiere betroffen.

Tab. 3: Geschlechtsverteilung

Geschlecht	Anzahl n	%
männlich	161	39,1
männlich kastriert	66	16,0
weiblich	159	38,6
weiblich kastriert	26	6,3
Summe	412	100

3.3. Ursachen (Tabelle 4)

56 % der Katzen fielen im freien Fall von bestimmter Höhe, 17% hatten einen Autounfall, bei 24 % der Patienten konnte die Unfallursache nicht geklärt werden.

Tab. 4: Unfallursachen

Ursachen	Anzahl n	%
Freier Fall	231	56,1
Autounfall	69	16,74
Eingeklemmt (Fenster)	3	0,72
Tritt, Schlag	8	1,94
Biß	4	0,97
Unbekannt	97	23,50
Summe	412	100

3.4. Freier Fall, Verletzungsgrad, Aufprallenergie

Bei den durch Sturz verunglückten Katzen hat sich ergeben: Je größer die Fallhöhe, um so ausgeprägter die röntgenologisch nachweisbaren Zeichen des stumpfen Thoraxtraumas (Tab.5). Für diese Katzen (n = 231) ist im Gegensatz zu den Patienten, die durch Autounfall bzw. Tritt das Thoraxtrauma erlitten, die Aufprallenergie zu berechnen. Die Fallhöhe ist zumindest annähernd durch die Besitzerangabe bekannt.

Ein großer Teil der Aufprallenergie wird im Aufkommen vom Muskel-, Sehnen- und Bandapparat der Gliedmaßen abgefangen. Der verbleibende Rest wirkt auf Kopf, Thorax und Abdomen. Die Energie errechnet sich nach folgender Formel:

$$W\,[\text{Joule}] = F \times s \quad [\text{Nm}]$$

Dabei werden die Größen durch folgende Formelzeichen und Einheiten dargestellt:

Größen	Formelzeichen	Einheiten
Zeit:	T	sec
Weg:	s	m
Masse:	m	kg
Geschwindigkeit:	v	$\frac{m}{sec}$
Beschleunigung:	g	$\frac{m}{sec}2$
Kraft:	F	N
Energie:	W	Nm = Joule

Es gilt:

$$v = \frac{s}{T}$$

$$g = \frac{s}{T}2 = 9{,}807 \left[\frac{m}{sec}2\right]$$

$$F = m \times g$$

$$W = F \times s = m \times g \times s$$

Tab. 5: Freier Fall

Fallhöhe - röntgenologisch nachweisbare Ausprägung (undeutlich, deutlich, sehr deutlich) des Thoraxbefundes

Fallhöhe	Anzahl n	%	Anzahl undeutl. Befund	%	Anzahl deutl. Befund	%	Anzahl sehr deutl. Befund	%
bis 12 m (4. Stock)	154	66,7	78	50,6	52	33,8	24	15,6
bis 24 m (8. Stock)	57	24,7	15	26,3	21	36,8	21	36,8
bis 42 m (14.Stock)	8	3,5	1	12,5	2	25,0	5	62,5
unbekannte Höhe	12	5,2	3	25,0	4	33,3	5	41,7

sehr deutlicher Befund: Pneumothorax: Aufhellung über 5 mm breit
Hämothorax: Verschattung, die die Interlobärspalten keilförmig weitet oder das gesamte Lungenfeld homogen verschattet.

deutlicher Befund: Pneumothorax: Aufhellung 2 bis 5 mm breit
Hämothorax: Verschattung, die in den Zwischenrippenräumen konkav endet.

undeutlicher Befund: Pneumothorax: Aufhellung bis 2 mm breit
Hämothorax: Verschattung, die weder die Interlobärspalten keilförmig weitet noch in den Zwischenrippenräumen konkav endet.

Als Konstante ist die Erdbeschleunigung g mit $9{,}807\left[\frac{m}{sec^2}\right]$ zu berücksichtigen. Die Aufprallenergie hängt also nur von der Masse und der Fallhöhe ab. Eine 2 kg schwere Katze kommt beim Sturz aus dem 1. Stock mit einer Stockwerkhöhe von 3 m mit einer Energie von 58,8 Joule an,

$$W = 2 \times 9{,}807 \times 3 = 58{,}8 \text{ [Joule]}$$

Die kinetische Energie wird im Aufprall in statische Energie umgewandelt.
Die Geschwindigkeit kurz vor dem Aufprall hängt unter Berücksichtigung der Erdbeschleunigung g und bei Vernachlässigung des Luftwiderstandes der Katze nur von der Fallhöhe ab. Es gilt:

$$v = \frac{s}{T} = \frac{s}{\sqrt{\frac{s}{g}}} \left[\frac{m}{sec}\right]$$

Unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes kann davon ausgegangen werden, daß Katzen verschiedener Größe bei gleicher Fallhöhe mit der gleichen Geschwindigkeit ankommen.
Die Geschwindigkeit im Moment des Aufpralls beträgt bei einer Fallhöhe von 3 m (1.Stock) fast 20 km/Std. Sie berechnet sich:

$$v = \frac{3}{\sqrt{\frac{3}{9{,}807}}} = 5{,}42 \left[\frac{m}{sec}\right] = 19{,}53 \left[\frac{km}{h}\right]$$

Die Fallzeit beträgt 0,56 sec.

$$T = \sqrt{\frac{s}{g}} \qquad T = \sqrt{\frac{3}{9{,}807}} = 0{,}553 \text{ [sec]}$$

Beim Sturz aus dem 14. Stock (größte Fallhöhe siehe Tabelle 5) kommt die Katze mit einer Geschwindigkeit von 73 km/Std. an. Die Fallzeit beträgt trotz 14facher Distanz wegen der Beschleunigung aber nur 2,07 sec.

$$T = \sqrt{\frac{14 \times 3}{9{,}807}} = 2{,}07 \text{ [sec]}$$

Im Gegensatz zur Geschwindigkeit steigt die Aufprallenergie direkt proportional zur Fallhöhe. Beim Sturz aus dem 14. Stock ist die Energie vierzehnmal höher als beim Sturz aus dem ersten Stockwerk.

$$W = F \times s = m \times g \times s$$
$$W = 2 \times 9{,}807 \times 14 \times 3 = 823{,}8\,[\text{Joule}]$$

3.5. Art und Häufigkeit der Befunde (Tabelle 6)

Häufigste Befunde waren der Pneumothorax (75%), der Hämothorax (50%) und die Lungenkontusion (25%).

Tab. 6: Häufigkeit der Befunde

Befunde	Anzahl n	%
Pneumothorax	308	74,8
Hämothorax	205	49,8
Pneumomediastinum	28	6,8
Hämomediastinum	16	3,9
Lungenblutung	26	6,3
Lungenkontusion	103	25,0
Hämoperikard	1	0,2
subkutanes Emphysem	16	3,9
Rippenfraktur(en)	30	7,3

In den meisten Fällen (75%) wurden mehrere Thoraxverletzungen in Kombination miteinander diagnostiziert. Häufigste Kombinationen waren Hämopneumothorax (191 Patienten), Lungenkontusion mit Pneumothorax (84 Fälle), mit Hämothorax (82 Fälle). Diese Verletzungen sind in Tabelle 7 aufgeschlüsselt.

Tab. 7: Verletzungskombinationen

Verletzungen	Subkutanes Emphysem	Rippenfrakturen	Pneumothorax	Hämothorax	Kontusion	Pneumomediastinum	Hämomediastinum	Wirbelfrakt.
subkutanes Emphysem			1	4			1	1
Rippenfrakturen			23	20	12	1		
Pneumothorax	1	23		191	84	4	2	4
Hämothorax	4	20	191		82	1	5	4
Kontusion		12	84	82				1
Pneumomediastinum		1	4	1				
Hämomediastinum	1		2	5				
Wirbelfrakturen	1		4	4	1	1		

Bei einem Viertel der Patienten nach stumpfem Thoraxtrauma wurde nur eine Verletzungsform diagnostiziert. In der Reihenfolge der Häufigkeit Pneumothorax, Hämothorax und Lungenkontusion (Tab. 8).

Tab. 8: Einzeln vorliegende Befunde

Befunde	Anzahl n	%
Pneumothorax	50	12,1
Hämothorax	40	9,7
Lungenkontusion	9	2,2
Subkutanes Emphysem	1	0,2
Rippenfraktur(en)	1	0,2

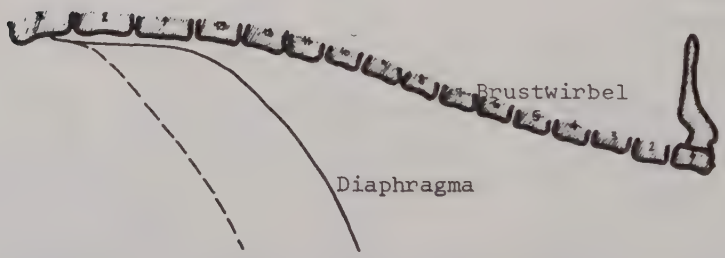
Ein Spannungspneumothorax wurde nicht festgestellt.

3.6. Der phreniko-vertebrale Winkel

Nach einem Thoraxtrauma erweitert das Tier den Brustkorb zur Kompensation der respiratorischen Insuffizienz unter anderem nach kaudal; damit dringen am besten belüftete Lungenbereiche in den Recessus diaphragmaticus - der phreniko-vertebrale Winkel (Winkel zwischen Wirbelsäule und Zwerchfall) verschiebt sich nach kaudal.

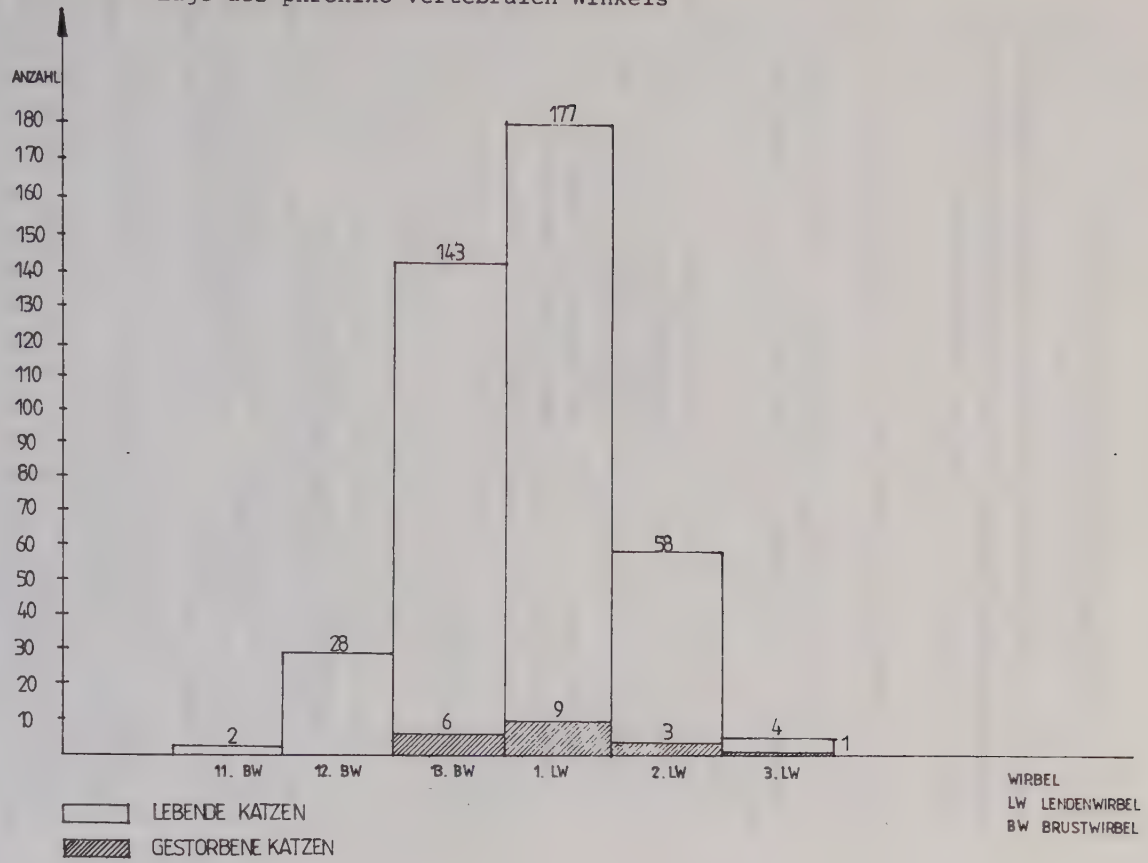
Beim Pneumothorax (Hämothorax) ist die Verschiebung von der Menge der freien Luft (Blut) abhängig.

Abb. 13: Verschiebung des phreniko-vertebralen Winkels



Die Lage des phreniko-vertebralen Winkels im untersuchten Patientengut ist aus der folgenden Abbildung 14 ersichtlich. Es starben nur Patienten, bei denen eine Verschiebung hinter den 12. Brustwirbel auftrat, jedoch stieg die Mortalitätsrate nicht proportional zur Winkelverschiebung.

Abb. 14: Lage des phreniko-vertebralen Winkels



3.7. Zusätzliche Verletzungen (Tabelle 9)

Bei 291 der Patienten mit stumpfem Thoraxtrauma wurden Verletzungen anderer Organe gefunden. Art und Häufigkeit dieser Verletzungen sind in Tabelle 9 festgehalten.

Tab. 9: Zusätzliche Verletzungen

Befund	Anzahl n	Befund	Anzahl n
Fraktur oder Luxation			
Vertebrum	30	Kreuzbandruptur	5
Cranium	28	Plexusabriß	6
Scapula	5	Commotio spinalis	18
Humerus	23	Commotio cerebri	8
Antebrachium	27	stumpfes Bauchtrauma	13
Carpus, Metacarpus	20	Anderes (Hämatom, Gaumen-	
Digitum	1	spalte, Hautverletzungen,	
Pelvis	49	Zahnfraktur usw.)	68
Femur	89		
Crus	9		
Tarsus, Metatarsus	4		

3.8. Gestorbene und euthanasierte Patienten

52	Katzen	euthanasiert	mit Begleitverletzungen
14	Katzen	gestorben	mit Begleitverletzungen
5	Katzen	gestorben	ohne Begleitverletzungen

52 Katzen nach stumpfem Thoraxtrauma mit anderen Verletzungen wurden eingeschläfert.

19 Patienten starben. 14 dieser 19 gestorbenen Katzen starben bei der Untersuchung und/oder Einleitung erster therapeutischer Maßnahmen; neben dem Thoraxtrauma bestanden lebensbedrohliche Verletzungen anderer Organe. Bei 5 der gestorbenen Katzen konnte einzig ein Trauma im Thoraxbereich nachgewiesen werden. Es lagen einmal ein Hämoperikard,

einmal ein Pneumothorax und dreimal ein Hämopneumothorax vor. Bei der Katze mit Pneumothorax lag eine Verschiebung des phreniko-vertebralen Winkels in den Bereich des 3. Lendenwirbels, bei den Katzen mit Hämopneumothorax in den Bereich des 2. Lendenwirbels vor.

3.9. Resorptionsverlauf

341 Patienten mit stumpfem Thoraxtrauma wurden aus der klinischen Behandlung nach Abklingen der klinischen Symptome entlassen.

Die klinischen Befunde besserten sich bei diesen Patienten im Laufe des ersten Tages deutlich, nach drei bis vier Tagen waren keine klinischen Symptome des stumpfen Thoraxtraumas mehr nachweisbar.

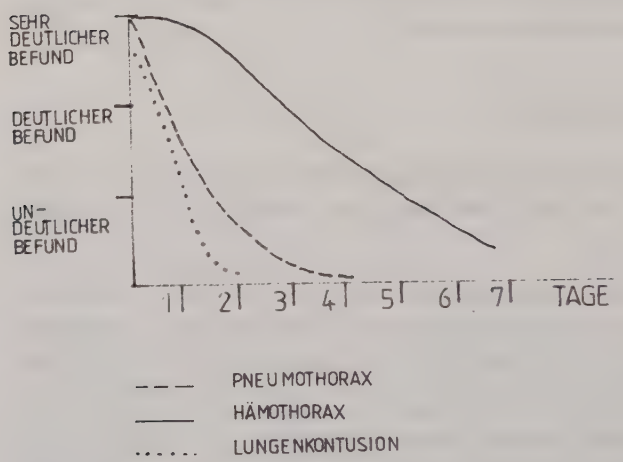
Bei Kontrollen des Pneumothorax nach einem Tag konnte eine deutliche Verminderung der Luft diagnostiziert werden. Die Röntgenleitsymptome des Pneumothorax waren nach zwei Tagen kaum noch nachweisbar, nach vier bis fünf Tagen, auch bei erheblichem Ausgangsbefund, nicht mehr zu sehen.

Eine Flüssigkeitsresorption nach Hämothorax konnte bei Kontrollen nach einem Tag noch nicht festgestellt werden. Eine Verminderung der Flüssigkeit im Röntgenbild konnte erst am zweiten Tag nachgewiesen werden. Die Zeichen des Hämothorax blieben, wenn auch abgeschwächt, bis zum siebten Tag bestehen.

Die inhomogenen Verschattungen der Lungenkontusion gingen nach einem Tag deutlich zurück und konnten nach zwei Tagen kaum mehr erkannt werden.

In Abbildung 15 ist der Resorptionsverlauf röntgenologisch kontrollierter Patienten nach stumpfem Thoraxtrauma graphisch dargestellt.

Abb. 15: Resorptionsverlauf



3.10. Therapie

Nach Aufnahme, Diagnosestellung und Ausschluß einer anderen lebensbedrohlichen Verletzung (z.B. stumpfes Bauchtrauma) wurden Patienten mit ausgeprägter Dyspnoe (12 Tiere) mit Sauerstoff (Sauerstoffbox/-zelt) beatmet.

Tiere mit Schocksymptomen (15 Katzen) wurden mit 15-30 mg/kg Prednisolon i.v. und 30-90 ml/kg Ringer-Lactatlösung i.v. bis zur Stabilisierung des Kreislaufs behandelt.

Gelegentlich wurde bei Rippenfrakturen mit deutlicher Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens oder mit subkutanem Emphysem ein Brustverband angelegt (5 Patienten).

4. DISKUSSION

Als Ursache des stumpfen Thoraxtraumas bei der Katze ist der Sturz aus großer Höhe (56%) vor dem Autounfall (17%) besonders häufig.

KOLATA (1980) beobachtet dagegen auch bei im städtischen Bereich in Etagenwohnungen gehaltenen Katzen etwas häufiger den Autounfall. Bei freilebenden Katzen gewinnt der Verkehrsunfall als Ursache noch mehr Bedeutung.

Entsprechend den Analysen über Extremitätenfrakturen (FUCHS 1978; EULER 1979; STAIMER 1980; LAND 1981) wurde das stumpfe Thoraxtrauma in der Mehrzahl bei jungen Katzen im ersten Lebensjahr (41%) festgestellt. Spielfreude, Unerfahrenheit und Neugierde begründen hauptsächlich diese Beobachtung.

Häufigster Befund des stumpfen Thoraxtraumas der Katze ist der Pneumothorax (75%), vor Hämothorax (50%), Lungenkontusion (25%) und Rippenfraktur (7%). Das entspricht den Ergebnissen von GUTBROD (1981) beim Hund. In den eigenen Untersuchungen wurde kein Ventilpneumothorax festgestellt.

Zur Diagnosesicherung ist die Röntgenuntersuchung notwendig. In einer Aufnahme in Seitenlage bei latero-lateralem Strahlengang sind Art und Ausmaß der Verletzung meist ausreichend erkennbar.

Mit der Aufnahme bei dorso-ventralem Strahlengang läßt sich klären, ob die Verletzung beide Pleurahöhlen betrifft. Die Rückenlagerung des Patienten sollte unterlassen werden. Sie ist nur unter erheblicher Aufregung des Tieres wegen der gewaltsamen und unnatürlichen Lagerung durchführbar. Befindet sich Flüssigkeit im Thorax, fließt sie nach unten und komprimiert die am besten ventilierten, durch die Lagerung ebenfalls nach unten gesunkenen Lungenlappen. Die respiratorische Insuffizienz wird verstärkt (GUTBROD 1981; SCHEBITZ et al. 1983).

Bei der Katze ist der röntgenologisch nachweisbare Befund mit steigender Fallhöhe ausgeprägter. Das bedingt die proportional zur Fallhöhe steigende Aufprallenergie, berechnet nach der Formel W = F x s (Zeichenerklärung S.30). Sie beträgt beim Sturz aus dem dritten Stockwert (≙ 3 m) 59 Joules und beim Sturz aus dem 14. Stockwerk (≙ 42m) 824 Joules, eine 14fach höhere Energie als Verletzungsursache.

Die Ausprägung des Befundes im Röntgenbild läßt bei der Katze im Gegensatz zum Hund keine sichere Bestimmung des Schweregrades der Verletzung zu. Für den Hund gilt die Verschiebung des phreniko-vertebralen Winkels - physiologisch am 11. bzw. 12. Brustwirbel (SILVERMAN und SUTER 1975) - über den 13. Brustwirbel hinaus als röntgenologisches Zeichen einer lebensgefährlichen Situation. Nach den Angaben von GUTBROD (1981) starben nur Hunde (n = 24 ≙ 16%) mit Verschiebung des Winkels über den 13. Brustwirbel hinaus. In den eigenen Untersuchungen konnte eine solche Beziehung nicht festgestellt werden.

Es starben nur 5 Katzen (4%) am stumpfen Thoraxtrauma mit Winkelveränderung in diese Bereiche. Diese Feststellung könnte durch die Fähigkeit der Katze bedingt sein, den Thorax nicht wie der Hund nur durch Öffnen des Recessus costodiaphragmaticus zu erweitern.

Bei zehn gesunden Katzen ergab eine röntgenologische Untersuchung von Inspiration und Exspiration bei latero-lateralem Strahlengang (Abb. 16): In Exspiration hebt sich das Sternum um einen kranial gelegenen Drehpunkt nach dorsal, in Inspiration sinkt es ab. Der Brustkorb wird dabei in seinem dorso-ventralen Durchmesser verkleinert bzw. vergrößert. Die Bewegungsamplitude beträgt am Xiphoid 10-15 mm. Sie ist durch die Artikulation der Rippen mit den Brustwirbeln bedingt. Durch Drehung im Rippenwirbelgelenk weichen die Genu costae beider Seiten auseinander (Inspiration) bzw. nähern sich einander (Exspiration) (Abb. 17).

Abb. 16: Sternumbewegung

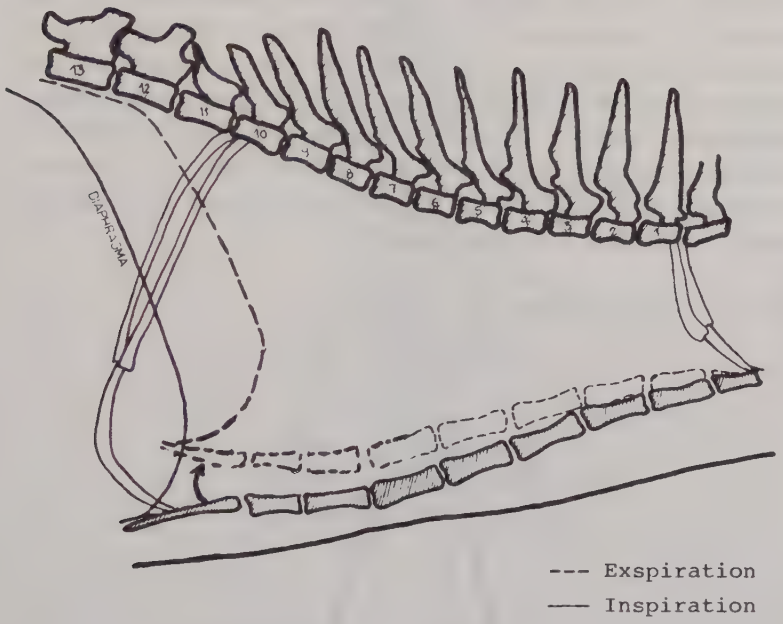
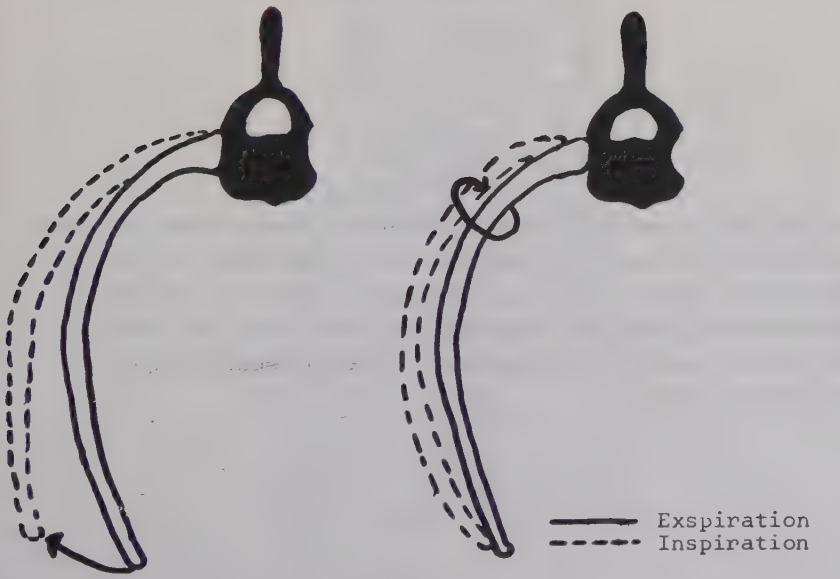
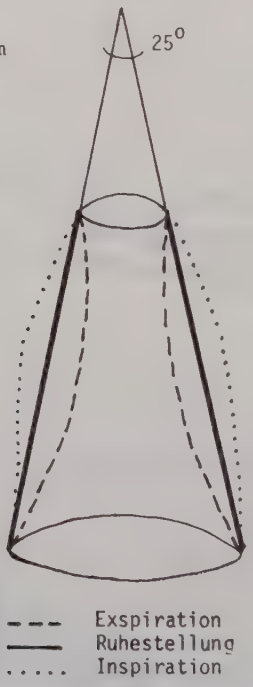


Abb. 17: Drehung im Wirbelgelenk



In der Röntgenaufnahme bei dorso-ventralem Strahlengang beschreiben die "lateralsten" Punkte der Rippen infolge der Drehung im Wirbelgelenk in Inspiration eine konvexe, in Exspiration eine konkave Kurve. In Mittelstellung von Inspiration und Exspiration gleicht der Thorax einem langen Kegelstumpf (Abb. 18). Die Geraden beider Seiten bilden einen Winkel von 20° bis 25°. Der Thorax wird bei physiologischer Atemtätigkeit in seinem latero-lateralen Durchmesser erweitert bzw. verkleinert.

Abb. 18: Thoraxform



Zur Objektivierung der latero-lateralen Erweiterung des Thorax wurde der kosto-vertebrale Winkel gemessen. Der kosto-vertebrale Winkel wird von der Geraden durch die Dornfortsätze und der Geraden durch den kaudalen Rand des Capitulum costae und den "lateralsten" Punkt derselben Rippe gebildet (Abb. 19).

Abb. 19a: Kosto-vertebraler Winkel - Katze

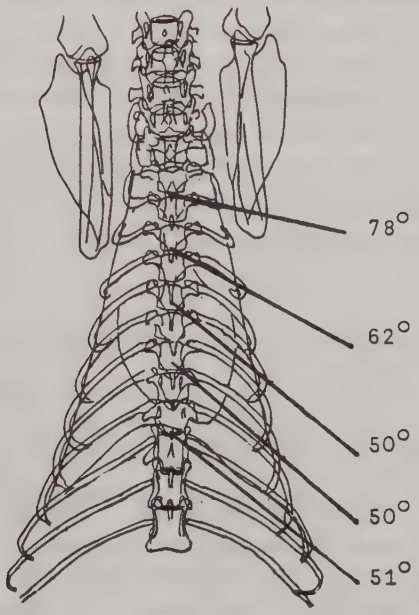
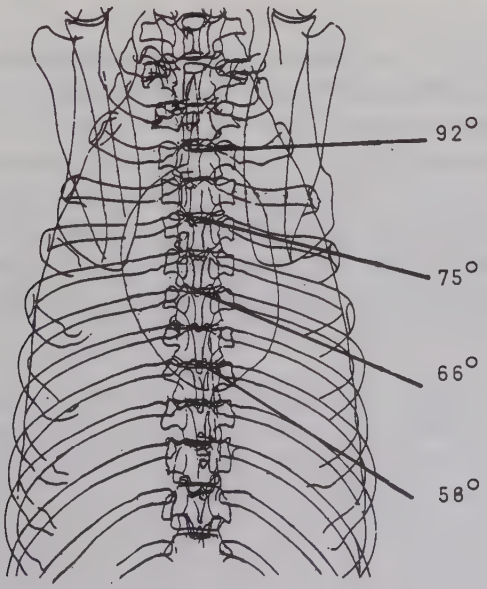


Abb. 19b: Kosto-vertebraler Winkel - Hund



Diese Messungen wurden vergleichend auch bei zehn gesunden Hunden durchgeführt (Tab. 10). Der Vergleich zeigt bei der Katze die mehr spitzwinklige Position der Rippe zur Wirbelsäule, beim Hund die mehr rechtwinklige Position auf. Beim Hund beträgt der Winkel kranial 90° und mehr, kaudal 70° bis 80°. Beim Hund besteht somit im kranialen Bereich keine Möglichkeit, den Thorax in latero-lateraler Richtung zu erweitern. Kaudal ist die Winkelöffnung nur begrenzt möglich.

Tab. 10: Kosto-vertebraler Winkel beim Gesunden
- Katze, Hund

	Katze		Hund	
Rippe	Inspiration	Exspiration	Inspiration	Exspiration
3. Rippe	78°	76°	98°	97°
5. Rippe	62°	60°	88°	85°
7. Rippe	55°	50°	81°	67°
9. Rippe	50°	47°	79°	55°
11. Rippe	52°	48°	69°	51°

Gestützt auf die physiologischen Ausgangswerte wurde die Messung analog bei zehn kranken Katzen mit ausgeprägtem Pneumothorax durchgeführt. In der Aufnahme bei latero-lateralem Strahlengang konnte keine meßbare Lageveränderung des Sternums verglichen mit gesunden Tieren festgestellt werden. In der Aufnahme bei dorso-ventralem Strahlengang wurde dagegen eine Erweiterung des kosto-vertebralen Winkels im Vergleich zu gesunden Tieren von durchschnittlich etwa 18° gemessen (Tab. 11).

Tab. 11: Kosto-vertebraler Winkel bei Katzen mit Thoraxbefund

Rippe	Winkel
3. Rippe	91 - 98°
5. Rippe	72 - 88°
7. Rippe	61 - 80°
9. Rippe	58 - 71°
11. Rippe	55 - 68°

Die Katze kann im Gegensatz zum Hund nicht nur den phreniko-vertebralen, sondern auch den kosto-vertebralen Winkel erweitern. Bei der Katze werden dadurch die Lobi caudales et craniales und der Lobus medius besser gedehnt und belüftet.

Zur Verbesserung der Ventilation der Lunge könnte bei der Katze außerdem das Zwerchfell beitragen. Der muskulöse Anteil des Diaphragmas ist bei der Katze größer als beim Hund (NICKEL, SCHUMMER, SEIFERLE 1977). Er begünstigt nach stumpfem Thoraxtrauma unwillkürlich die Zwerchfellatmung. Die Zwerchfellatmung ist beim Menschen seit langem ein wichtiger Bestandteil des Atemtrainings nach stumpfem Thoraxtrauma. Das Atemvolumen steigt an, die Blutgaswerte verbessern sich (BENZER et al. 1978).

Die Fähigkeit der Katze, den Thorax kompensatorisch in kranio-kaudaler und latero-lateraler Richtung zu erweitern, fördert wegen guter Belüftung großer Lungenareale die zeitige Resorption von Luft, Exsudat und Blut. Dabei ist die Resorptionsleistung der Lymphgefäße wesentlich größer als die der Blutgefäße (MACK 1977).

Ob die Resorptionsleistung außerdem durch eine artspezifische Morphologie der Pleura begünstigt ist, kann nur vermutet werden. Entsprechende Untersuchungen liegen für Hund

(LANG 1962, 1965) und Ziege (BLÄHSER, WILLE 1979) vor. Artspezifische Haargefäßbildungen mit intermembranösen, intravillösen und marginalen Kapillarkonvoluten wurden festgestellt.

Kompensationsfähigkeit und gute Resorptionsleistung erklären die nach eigenen Untersuchungen kleine Zahl (5 ≙ 4%) der Todesfälle bei der Katze nach stumpfem Thoraxtrauma ohne zusätzliche Verletzung. Sie begründen im Hinblick auf die Therapie - im Gegensatz zu den Angaben in der Literatur (WALKER 1958; JAUREGUI 1977; LIPPINCOTT 1978) - das eher konservative Vorgehen in Form der Ruhebehandlung, gegebenenfalls bei starker Dyspnoe die Sauerstoffzufuhr und/oder instabilen Kreislaufverhältnissen angepaßte Volumenzufuhr (Infusion).

Bewährt hat sich in den eigenen Untersuchungen bei Thoraxverletzung und Schock die Gabe von 15-30 mg/kg Prednisolon i.v. und gegebenenfalls Dauertropf von 30-90 ml/kg Ringer-Lactatlösung i.v. Patienten mit starker Dyspnoe und Verschiebung des phreniko-vertebralen Winkels über den ersten Lendenwirbel hinaus sollten überwacht werden. Die Röntgenaufnahme des Thorax (latero-lateraler Strahlengang) sollte wiederholt werden. Ob bei gleichbleibendem Röntgenbefund und sich verschlechterndem klinischen Befinden bzw. sich verstärkendem Röntgenbefund durch eine Thoraxdrainage das Ergebnis verbessert werden kann, ist nur zu vermuten.

5. ZUSAMMENFASSUNG

1. Im Literaturteil werden die verschiedenen Kranheitsbilder, Entstehung, Diagnose und Therapie des stumpfen Thoraxtraumas bei der Katze erörtert.

2. In zehn Jahren (1972 bis 1981) wurden 412 Katzen nach stumpfem Thoraxtrauma vorgestellt. 41% der Katzen verunfallten im ersten Lebensjahr. Männliche Tiere waren häufiger betroffen als weibliche. Bei den meisten Patienten mit stumpfem Thoraxtrauma war ein Sturz die Unfallursache (56%).

3. Die Verletzungsschwere steigt mit der Fallhöhe und der Aufprallenergie. Am häufigsten trat ein Pneumothorax auf (75%). Hämothorax (50%), Lungenkontusion (25%) und Rippenfraktur (7%) folgen. In den meisten Fällen wurden mehrere Thoraxverletzungen in Kombination miteinander diagnostiziert (75%). Häufigste Kombinationen waren Hämopneumothorax (191 Patienten), Lungenkontusion mit Pneumothorax (84 Fälle), mit Hämothorax (82 Fälle).

4. 121 Patienten wiesen ein Thoraxtrauma ohne Begleitverletzungen auf. Davon starben fünf Tiere (4%).

5. Die Mortalitätsrate liegt beim Hund ohne Begleitverletzung (16%) weit höher als bei der Katze (4%). Die Katze kann eine Thoraxverletzung nicht nur durch Verschiebung des phreniko-vertebralen, sondern auch durch Erweiterung des kosto-vertebralen Winkels kompensieren. Außerdem dürften die Zwerchfellatmung und artspezifische Morphologie der Pleura Kompensationsfähigkeit und Resorptionsleistung erhöhen.

6. Konservativ abwartendes Vorgehen, gegebenenfalls mit Sauerstoffzufuhr und/oder Infusionstherapie sind Behandlungsgrundlage. Chirurgisches Vorgehen (Thoraxdrainage) ist nur bei einer Verschiebung des phreniko-vertebralen Winkels über den ersten Lendenwirbel hinaus und sich gleichzeitig verschlechterndem klinischen Befinden indiziert.

6. SUMMARY

Blunt Thoracic Trauma of the Cat

1. A discussion of the various clinical syndromes, genesis, diagnosis and therapy of the blunt thoracic trauma of the cat will be found in chapter 2 in conjunction with a review of the pertinent literature.

2. Within a period of ten years (between 1972 and 1981) the veterinary clinic received 412 cats presenting with blunt thoracic trauma.
41% of the accidents occurred within the first year of life. With 55% accidents predominated among males as compared with females (45%). Most cases of blunt thoracic trauma were due to an accident caused by a fall (56%).

3. The severity of the lesions observed increased with increasing height of fall and correspondingly increasing energy of impact. The most frequent lesions seen were a pneumothorax (75%), followed by a hemothorax (50%), pulmonary contusion (25%), and rib fractures (7%). In most cases a combination of several thoracic lesions was diagnosed. The most frequent combinations included hemopneumothorax (191 cases), pulmonary contusion in conjunction with either pneumothorax (84 cases) or hemothorax (82 cases).

4. 121 animals had a thoracic trauma without any accompanying symptoms. Five of these animals (4%) died.

5. As compared with 16% of fatal cases observed in dogs, the rate of mortality in cats was considerably lower. It appears that the cat is capable to compensate for thoracic lesions by either shifting the phrenico-vertebral angle or increasing the costo-vertebral angle. In addition, abdominal breathing and a species-specific morphology of the pleura might increase the ability to compensate and the efficiency of resorption.

6. The basis of treatment is conservative, including oxygen treatment and/or infusion therapy if necessary. Surgical treatment (thoracic drainage) is only indicated when the shift in the phrenico-vertebral angle extends beyond the first lumbar vertebra and is accompanied with a deteriorating clinical condition.

7. BIBLIOGRAPHIE

1. ARCHIBALD, J., P.W. PENNOCK, W. DINGWALL (1973):
Les traumatismes thoraciques.
Economie et Médicine Animales 14, 365

2. BENZER, H., W. FITZAL, A. GEYER, F.L. LENKNER, G. PAUSER (1978):
Behandlungsprinzipien der Atemtherapie. In: Aktuelle Probleme der Intensivbehandlung I, Hrsg. P. LAWIN, U. MORR-STRATHMANN.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart

3. BLÄHSER, S., K.H. WILLE (1979):
Kapillarkonvolute an der Pleura parietalis der Ziege (Capra aegagrus hirca).
Zbl. Vet. Med., C 8, 331

4. BRASMER, T.A. (1981):
Wiederaufbau der Thoraxwand. In: BOJRAB, M.J. (1981), Praxis der Kleintierchirurgie.
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

5. BUTLER, W.B. (1975):
Use of flutter valve in treatment of pneumothorax in dogs and cats.
J. Amer. Vet. Med. Ass. 166, 473

6. CARLISLE, C., D. THRALL (1982):
A comparison of normal feline thoracic radiographs in dorsal versus ventral recumbency.
Vet. Rad. 23, 3

7. CLERC, G., Y. LEGEAY (1978):
Renseignement fournis par la radiographie du thorax.
Le point Vétérinaire 7, 29

8. DOUGLAS, S.W., H.D. WILLIAMSON (1970):
Veterinary radiological interpretation.
Heinemann Veterinary Books

9. EULER, B. (1979):
Unterarmfrakturen bei der Katze. Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1970-1978.
Vet. Med. Diss.,München

10. FELSON, B., A.S. WEINSTEIN, B.H. SPITZ (1970):
Röntgenologische Grundlagen der Thoraxdiagnostik.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart

11. FUCHS, R. (1978):
Femurschaftfrakturen bei der Katze. Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1970-77.
Vet. Med. Diss.,München

12. GUTBROD, F. (1981):
Zum stumpfen Thoraxtrauma beim Hund.
Vet. Med. Diss., München

13. JAUREGUI, M. (1977):
Pneumothorax et épanchements pleuraux.
Animals de Companie 12, 29

14. KAGAN, K.G. (1980):
Thoracic trauma.
Vet. Clin. North Amer. small Anim.Pract. 10, 641

15. KEALY, J.K. (1979):
Diagnostic radiology of the dog and cat.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto

16. KOLATA, R.J. (1980):
Trauma in dogs and cats.
Vet.Clin. North Amer. small Anim.Pract. 10, 515

17. KOLATA, R.J., N.H. KRAUT, D.E. JOHNSTON (1974):
Patterns of trauma in urban dogs and cats: a study of 1000 cases.
J. Amer. Vet. Med. Ass. 164, 499

18. KRAHWINKEL, D.J. (1977):
Lower respiratory tract trauma. In: KIRK, R.W., Current veterinary therapy VI.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, 278

19. LAND, B. (1981):
Unterschenkelfrakturen bei der Katze. Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1970-1980.
Vet. Med. Diss., München

20. LANG, J. (1962):
Über eigenartige Kapillarkonvolute der Pleura parietalis. I. Mitteilung. Z. Zellforsch. 58, 487

21. LANG, J. (1965):
Über die Gefäße und die Milchflecken.
Z. Zellforsch. 66, 1

22. LAVELLE, R. (1978):
Radiological interpretation of the respiratory system of the cat.
Victorian Veterinary Proceedings 36, 19

23. LIPPINCOTT, C.L. (1978):
Focus on the thorax.
California Veterinarian 32, 13

24. MACK, D. (1977):
Untersuchungen zur Resorption aus der Pleurahöhle.
Habil. Med. München

25. MYER, W. (1978):
Radiography review: The mediastinum.
J. Amer. Vet. Rad. Soc. 19, 197

26. MYER, W. (1978):
Pneumothorax: A radiography review.
J. Amer. Vet. Rad. Soc. 14, 12

27. MYER, W. (1980):
Radiography review: The vascular and bronchial patterns of pulmonary disease.
Vet. Rad. 21, 156

28. NICKEL, R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE (1977):
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I:
Bewegungsapparat, 4. Aufl.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg

29. POBISCH, R. (1971):
Stumpfe Traumen - Beitrag zur Diagnostik im Thorax- und Abdominalbereich.
Kleintierpraxis 16, 211

30. ROENIGK, W.J. (1971):
Injuries to the thorax.
J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 7, 266

31. SCHEBITZ, H., L. BRUNNBERG, F. GUTBROD (1983):
Zum stumpfen Thoraxtrauma beim Hund.
Kleintierpraxis 28, 141

32. SCHEBITZ, H., H. WILKENS (1977):
Atlas der Röntgenanatomie von Hund und Katze.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg

33. SILVERMAN, S., P.F. SUTER (1975):
Influence of inspiration and exspiration on canine thoracic radiographs.
J. Amer. Vet. Med. Assoc. 166, 502

34. SPENCER, C.P., N. ACKERMANN (1980):
Thoracic and abdominal radiography of the trauma patient.
Vet. Clin. North Amer. small Anim. Pract. 10, 541

35. STAIMER, M.S. (1980):
Humerusfrakturen bei der Katze. Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1970-1978.
Vet. Med. Diss., München

36. STEAD, A.C. (1972):
Radiological features of post-road accident chest injuries.
Vet. Annual, 113

37. SUTER, P.F., P. LORD (1974):
Radiographic differentiation of disseminatet pulmonary parenchymal diseases in dogs and cats.
Vet. Clin. North Amer. 4, 687

38. TEUNISSEN, G.H.B. (1978):
Traumata der Brustwand und der Brusthöhle.
Kleintierpraxis 23, 51

39. TICER, J.W., S.G. BROWN (1975):
Thoracic trauma. In: ETTINGER, S.J., Textbook of veterinary internal medicine: diseases of the dog and cat, vol. 1.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 629

40. WALKER, R.G. (1959):
Traumatic pneumothorax in small animals.
Vet. Rec. 71, 859

Herrn Prof. Dr. Dr.h.c. H. Schebitz möchte ich an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Themas und seine mir jederzeit gern gewährte Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit danken.

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Dr. L. Brunnberg für seine Hilfsbereitschaft, Anleitung und Betreuung.

Desgleichen danke ich allen Mitarbeitern der Chirurgischen Tierklinik, die mir mit Rat und Tat beistanden.

Ich danke Herrn Friedrich Taussig für die Anfertigung der Zeichnungen und Frau Ulrike Klein sowie Frau Brigitte Ferres für die Erstellung des Manuskriptes.

LEBENSLAUF

Am 30. Januar 1956 wurde ich, Sibylle Meyer zu Erpen, als drittes von vier Kindern des Kaufmanns Franz-Heinrich Meyer zu Erpen und seiner Ehefrau Margret, geb. Haefner, in Bielefeld/Westfalen geboren.

Nach Besuch der Volksschule in Werther/Westfalen von 1962 bis 1966 bestand ich nach Ausbildung am Neusprachlichen Gymnasium zu Halle/Westfalen am 18. Juni 1974 die Reifeprüfung.

Von September 1974 bis Februar 1975 leistete ich einen Sozialdienst in den von Bodelschwinghschen Anstalten in Bethel/Bielefeld ab.

Im Wintersemester 1975/76 begann ich das Studium der Veterinärmedizin in Louvain-la-Neuve/Belgien und führte es ab Sommersemester 1976 an der Tierärztlichen Hochschule Hannover weiter. Das Staatsexamen legte ich am 9. Juni 1981 ab.

Das Thema der vorgelegten Arbeit wurde mir im Oktober 1981 gestellt. Seit November 1981 bin ich als vollbeschäftigte wissenschaftliche Hilfskraft an der Chirurgischen Tierklinik der Universität München tätig.